

# 거리기반 위치등록 방법을 이용한 IP망에서의 페이징 지원 방안

장 인 동\*, 박 기 식\*

## IP Paging Architecture Using Distance-based Location Update Scheme

In-Dong Jang\*, Ki-Shik Park\*

요 약

이동통신의 발전과 인터넷의 대중화에 힘입어 무선인터넷이 등장하였고, 차세대 유무선 통신망은 IP기반으로 통합 발전될 것이라고 기대하고 있다. 이러한 배경에서 Mobile IP가 등장하였고, 현재 문제점이 많은 기본적인 Mobile IP에 기존의 하위계층에서 사용하던 여러 가지 기술들을 추가하려고 노력하고 있다. 그 중 대표적인 것이 위치등록과 페이징 기법이라고 할 수 있는데, 본 논문은 3계층에서의 이동성 프로토콜인 Mobile IP에 기존의 2계층에서의 거리기반 위치등록 방법을 적용시켜 IP망에서의 효율적인 페이징 방안을 제시하였다. 그리고, 네트워크 시뮬레이션 도구인 OPNET을 이용하여 제시한 방안을 구현하고 검증하였다.

Key Words : IP Paging; Location Update; Mobile IP.

### ABSTRACT

Due to the growth of mobile communication and the popularization of Internet, it is expected that wired and wireless communication network of the next generation will be integrated and flourished with IP-based. There have been a great deal of research efforts to provide mobile IP service on the existing lower layer. The location update and the paging scheme is one of the most challenging technical issues for this topic. In this thesis, a paging method based on the distance-based location update scheme is proposed for IP network to support mobility in layer 3. The proposed scheme is implemented and verified with the OPNET.

### I. 서 론

최근 몇 년 동안 인터넷은 폭발적인 발전을 하였고, 이미 우리들 일상생활 속에 깊숙이 자리 잡게 되었다. 이러한 인터넷의 발전과 함께 이동통신 분야는 유선통신인 전화망 가입자수를 앞질렀고, 3세대 이동통신인 IMT-2000도 상용화를 앞두고 있다. 이러한 인터넷과 이동통신의 발전은 자연스럽게 무선인터넷이 등장하게 되는 배경이 되었고, 무선인터넷의 등장으로 기존의 인터넷 호스트에는 이동성이 필요하게 되었다. 이에 인터넷 표준화 단체인 IETF

에서는 이미 1996년에 인터넷에서의 호스트의 이동성을 제공하기 위해 Mobile IP[1]를 제안하였다. 하지만 초기의 Mobile IP는 단순히 환경설정을 바꾸지 않고 이동하는데 의의가 있었으며, 지금의 셀룰러 환경에 Mobile IP를 그대로 적용한다면 여러 가지 문제점이 발생하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 IETF는 SeaMoby WG[2][3]을 신설하였고, IP 계층에서의 페이징, 실시간 이동성 지원을 위한 컨택트 전송, Mobile IP WG과는 다른 방식의 마이크로 이동성에 초점을 맞추어 표준화를 진행하고 있다.

\* 한국전자통신연구원 표준연구센터 차세대인터넷표준연구팀(indoi@etri.re.kr)  
 논문번호 : 020356-0813, 접수일자 : 2002년 8월 14일

페이징 기법은 현재 셀룰러의 위치관리기법에서 사용중인 2계층 기술이다. 단말의 정확한 위치관리를 위해 발생하는 시그널링을 줄여 망의 부하를 줄이고, 단말의 전력소비를 줄이는 장점이 있다. 이러한 2계층에서의 기술이 3계층인 IP에서의 이동성 프로토콜인 Mobile IP에 추가된다면 앞으로의 IP기반의 차세대 망에서는 꼭 필요한 기술이 될 것이다. 본 논문은 2계층에서의 위치등록 방법 중 거리기반 위치등록 방법을 Mobile IP에 적용시켜 페이징을 지원할 수 있는 방안을 제시한다. 거리기반 위치등록 방법의 좋은 성능은 이미 알려져 있으나 2계층에서 구현되기에는 어려움이 많아 실제로 사용되지 않고 있다. 본 논문은 IP계층에서 흔히 쓰이고 있는 라우팅 프로토콜인 RIP를 이용하여 쉽게 거리기반 위치등록 방법을 Mobile IP에 적용할 수 있는 방안 제시하며, 네트워크 시뮬레이션 도구인 OPNET[4]에서 제시한 방안을 구현하고 검증하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 Mobile IP와 기본적인 위치등록과 페이징 개념들을 알아보고, IP 페이징의 등장 배경과 최근 연구방안들을 살펴본다. 3장에서는 2계층의 거리기반 위치등록 방법을 이용한 IP망에서의 페이징 지원 방법을 제시하고, 4장에서는 구현한 OPNET 모델을 설명하고 검증한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

## II. 배경 및 관련연구

### 1. Mobile IP

최근 3세대 이동통신망에서 인터넷 서비스를 제공하기 위한 무선인터넷이 대두되고 있다. 이에 따라 인터넷에도 추가적으로 이동성이 요구되고 있는데 이는 IP의 이동성으로 가능해질 것이다. Mobile IP는 이러한 IP의 이동성을 제공하기 위한 표준으로 1996년에 IETF Mobile IP WG[5]에 의해 제안되었으며 현재에도 계속 연구되고 있다. Mobile IP의 기본 설계 목표는 3계층에 해당하는 네트워크 계층에서 상위 계층 프로토콜 및 응용 계층들에게 호스트의 위치 변화에 대한 투명성을 제공하는 것이다. 따라서 호스트의 이동으로 인한 문제점들을 해결하기 위해 Mobile IP에서는 2개의 주소 체계를 채택하였다. 이동 호스트에게 전달되는 패킷들의 경로 배정과 실제 위치로의 전달에 사용되는 COA(Care-of-Address)와 이동 호스트를 식별하고 세션 연결에 사용되는 고유의 홈 주소(home

address)가 그것이다. 이동 호스트는 기존의 고정 호스트와 같이 도메인 이름에 대응되는 고유한 IP 주소를 홈 주소로 갖고 있으며, 이동 호스트가 망 사이를 이동할 때마다 갱신되는 주소를 패킷의 전달에 사용되는 COA로서 사용하게 된다. 이러한 COA는 이동 호스트가 다른 망으로 옮길 때마다 변경되므로 홈 주소와 COA간의 매핑이 관리되어야 한다. 또한 이동 호스트가 무선 환경에서 망의 경계를 넘어 다른 망으로 이동하였는지 또는 어떤 망으로 이동하였는지를 알기 위한 이동성 판단 기법이 필요하며, 변경된 연결 정보를 이용해 새로운 연결 관계를 형성하기 위한 기법 또한 요구된다.

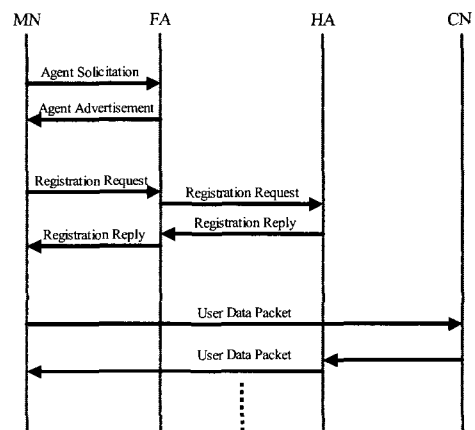


그림 1. Mobile IP 시그널링 절차

Mobile IP에서 엔티티간의 기본 동작 과정은 그림 1과 같다. 모든 MA(Mobility Agent)들은 자신의 이동성 지원을 알리기 위하여 Agent Advertisement 메시지를 주기적으로 방송하며, 이동 호스트는 자신이 위치한 네트워크에 속하는 MA에게 Agent Advertisement 메시지를 요청하기 위한 Agent Solicitation 메시지를 전송할 수 있으며, Agent Advertisement 메시지를 수신함으로써 자신이 홈 네트워크에 위치하는지 또는 새로운 외부 네트워크로 이동하였는지를 판단할 수 있다.

이동 호스트는 홈 주소와 COA의 이동성 바인딩을 설정하기 위해 HA(Home Agent)에게 Registration Request 메시지를 전송하고 Registration Reply 메시지를 받는다. 이렇게 HA에 등록이 완료된 이후 이동 호스트로의 데이터 패킷은 홈 네트워크의 HA에게 전달되고 HA가 이동 호스트의 COA로 터널링을 수행하여 외부 네트워크에

위치한 이동 호스트에게 패킷을 전달한다. 전달과정은 그림 2와 같다.

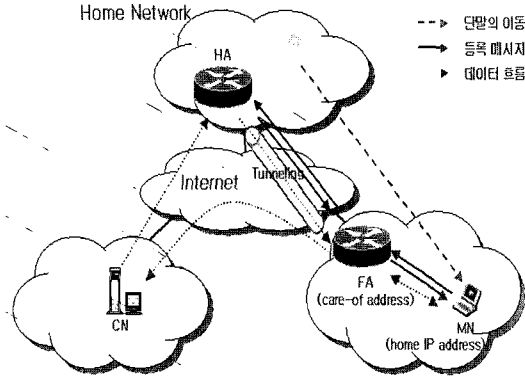


그림 2. Mobile IP에서 이동 호스트로의 패킷 전달 과정

2. 위치등록과 페이징

이동성을 제공하는 망에서 단말의 위치관리는 필수적으로 제공되어야 한다. 이는 단말이 이동시마다 망에게 이 사실을 알리면 되지만, 이렇게 하면 위치관리를 위한 시그널링이 증가하게 된다. 그리고, 단말 입장에서 실제로 통신을 하는 것이 아닌데도 위치관리를 위해 계속적으로 메시지를 보내야 되므로 배터리 소모가 증가하게 된다. 실제 단말은 통신 중에 이동을 하는 경우보다 대기 중에 이동을 하는 경우가 대부분이다.

이러한 문제점을 해결하고자 여러 가지 위치 등록(location update) 방법과 페이징(paging) 기법이 나왔으며, 이는 단말이 통신을 하지 않고 전원 절약 모드에 있는 도먼트 모드(dormant mode)에 있을 때, 여러 개의 셀(cell)로 구성되어 있는 하나의 페이징영역(paging area)내의 셀간 이동시에는 위치등록을 하지 않고, 페이징영역을 벗어날 경우에만 위치등록을 하는 방법이다. 그리고, 도먼트 모드에 있는 단말을 위한 호(call)가 도착하면 망은 단말의 대략적인 위치인 페이징영역을 알고 있으므로, 그 페이징영역 내에서 실제 단말이 어디에 있는지 찾게 된다. 이러한 위치등록 방법과 페이징 기법의 사용으로 망에서는 위치관리를 위한 시그널링이 감소하게 되고, 단말에는 전력소비를 줄일 수 있게 되지만, 위치등록과 페이징간의 Trade-off는 상당히 중요하다. 즉, 페이징영역이 커질수록 단말을 찾기가 힘들어져 페이징 비용은 커지지만, 위치등록을 하는 횟수는 줄어들기 때문에 위치등록 비용은 작아지게 된다. 이와 반대로 페이징영역이 작을수록 페이징

비용은 작아지지만 위치등록 횟수는 많아지게 되므로 위치등록 비용은 커지게 된다.

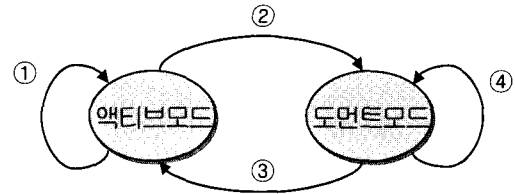


그림 3. 단말의 상태 다이어그램

위치 등록 방법과 페이징기법을 사용함으로써 단말에서는 액티브 모드(active mode)와 도먼트 모드(dormant mode)를 지원하며, 단말에서의 상태는 그림 3과 같이 액티브 모드에 있는 단말은 이동할 때마다 망에게 알리지만(①), 단말이 전원 절약 모드인 도먼트 모드에 있을 때는 페이징영역을 벗어날 때에만 망에게 알리고(④), 페이징영역 안에 있을 때는 망에게 알리지 않는다. 단말이 액티브 모드에서는 일정시간동안 통신이 없어 타임아웃 되면 다시 전원 절약 모드인 도먼트 모드로 바뀌고(②), 도먼트 모드에서는 단말이 보낼 데이터가 있는지, 망으로부터 Paging Request 메시지를 받게 되면 다시 액티브 모드로 바뀌게 된다(③).

표 1. 2계층에서 제안된 위치등록 방법과 페이징 기법들

위치 등록 방법	페이징 기법
<ul style="list-style-type: none"> <li>• LA-based Update Algorithm</li> <li>• Selective Update Algorithm</li> <li>• Profile-based Update Algorithm</li> <li>• Movement-based Update Algorithm</li> <li>• Timer-based Update Algorithm</li> <li>• Distance-based Update Algorithm</li> <li>• Predictive Distance-based Update Algorithm</li> <li>• State-based Update Algorithm</li> <li>• Lezi(Lezy) Update</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Blanket Polling</li> <li>• Shortest Distance First</li> <li>• Sequential Paging based on a User's Location Probability</li> <li>• Velocity Paging</li> <li>• Ensemble Polling</li> </ul>

Trade-off 관계에 있는 위치 등록 방법과 페이징 기법의 연구에서 항상 가장 큰 초점은 전체 비용을 낮추는 것이다. 이러한 노력으로 표 1과 같이 2계층에서의 위치 등록 방법과 페이징 기법들은 이미 많은 방법이 제안되어 있다[6]. 그러나, 여러 제안된 방안들은 이론적으로서의 성능은 좋지만 실제 구현상

어려운 점이 많아 현재의 셀룰러 망에서는 비교적 간단한 LA-based Update 알고리즘과 Blanket Polling 기법을 사용하고 있다.

LA-based Update 알고리즘은 몇 개의 셀을 LA(Location Area)로 묶고, LA안에 있는 모든 BS 들은 LA ID를 방송하게 된다. 단말은 이 방송을 듣게 되며, LA ID가 변할 경우 새롭게 등록을 하게 된다. 그리고, 단말로 가는 호가 도착 시에는 LA를 관리하는 MSC(Mobile Switching Center)가 자신의 LA내에서 단말을 찾게 된다. 여기서 하나의 LA는 단말로 가는 호가 발생 시에 단말을 찾게되는 영역인 페이징영역이 되며, 이 페이징영역에서 단말을 찾는 여러 가지 방법 중 Blanket Polling 방법은 페이징영역의 모든 BS에게 단말을 찾는 Paging Request 메시지를 동시에 보내는 방법이다.

### 3. IP 페이징

인터넷과 이동통신의 발전으로 차세대 무선통신 망에서도 IP기반의 망이 될 것이라는 기대가 많다. 이러한 관점에서 현재 IP의 기술들이 무선망에 접목되고 있으며, 기존의 무선망에서만 쓰던 기술들도 IP계층에서 구현하려고 노력하고 있다. 앞에서 살펴본 위치 등록 방법과 페이징 기법도 네트워크계층인 IP계층에서 동작 가능하게 하는 IP 페이징 또는 DMHA(Dormant Mode Host Alerting) 연구가 현재 진행중인데, 이는 IETF의 Mobile IP WG이 아닌 SeaMoby WG에서 이루어지고 있고, 관련 RFC는 2건[7][8]으로 SeaMoby WG 내에서의 다른 이슈들에 비해 빠른 진척을 보이고 있다.

IP 페이징 개념은 Cellular IP[9], HAWAII[10]에서 처음 제안되었으나, 이 방법들은 Mobile IP 개념에 페이징 기능만 추가한 것이 아니고 마이크로 이동성 문제를 해결하기 위해 나온 새로운 프로토콜에 IP 페이징 기능이 추가된 것이다. 그리고, 지역적 페이징(regional paging)[11]이란 방법도 Mobile IP WG에서 제안된 지역적 터널링(regional registration)[12]이란 구조에 페이징 기능을 추가한 것이다. 이러한 방법들은 기존의 Mobile IP에 페이징 기능만 추가한 것이 아니고, 어떠한 새로운 구조와 프로토콜에서 동작하는 페이징이다. 그리고, 아직까지 표준으로 정해지지 않은 드래프트(draft)상태이다.

현재 GPRS[13], CDMA[14], WLAN[15]등에서의 2계층 페이징 기법은 서로 다르게 정의되어 있기 때문에 상호동작 하지 않는다. 그러나 차후 IP기

반의 망[16]에서 IP계층에서 페이징이 정의된다면 하위계층의 서로 다른 무선망 사이에서도 상호동작을 쉽게 할 수 있을 것이다.

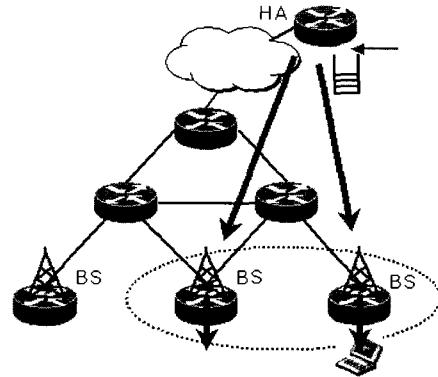


그림 4. HA 페이징의 페이징 절차

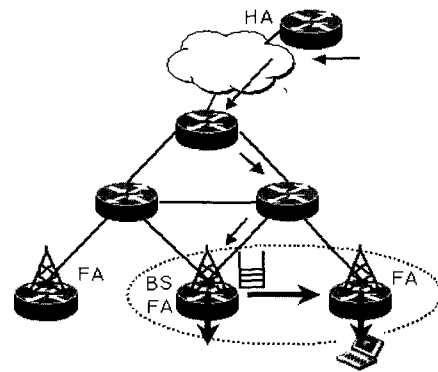


그림 5. FA 페이징의 페이징 절차

### 4. 관련연구

최근 IP 페이징에 관련해서 제안된 방안들은 페이징을 실제로 시작하는 주체에 따라 구분 할 수 있는데, Mobile IP 기본 구조를 벗어나지 않는 방법은 HA 페이징[17], FA 페이징[18]이 있다. 페이징 절차는 그림 4와 그림 5와 같이 단말로 향하는 데이터를 버퍼링하고, 페이징영역에 있는 단말을 찾는 주체가 HA이거나 FA가 되는 것이다. HA 페이징은 HA와 단말만 수정하면 되므로 구현하기에는 간단하지만, HA 하나에 너무 많은 부하를 주기 때문에 확장성과 신뢰성이 떨어진다. 그리고, 실제로 페이징을 하는 HA와 단말이 멀리 떨어져 있는 경우에는 페이징 지연이 발생하기도 한다. FA 페이징은 가장 최근에 등록된 BS인 FA가 페이징을 시작하는 방법으로 구현하기도 쉽고, HA 페이징에 비해 확장성도 좋다고 할 수 있다.

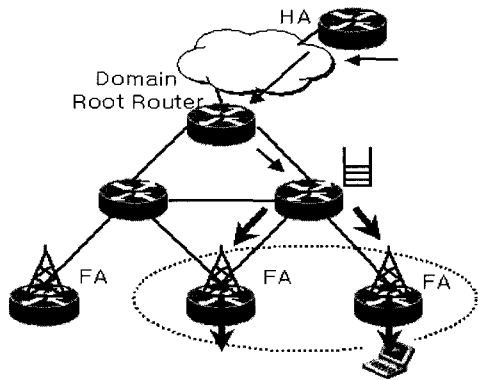


그림 6. 도메인 페이징의 페이징 절차

R. Ramjee에 의해 제안된 도메인 페이징[17]은 그림 6과 같이 페이징의 주체가 도메인 내에 있는 라우터, BS(FA)중에 어떠한 것이라도 될 수 있다. 도메인 내에 있는 라우터들은 단말에 대한 페이징 정보를 소프트 스테이트로 가지고 있으며, 단말로 향하는 데이터는 DRR(Domain Root Router)로부터 내려오면서 자신이 페이징을 할 것인지를 결정하게 된다. 이러한 결정은 자체 알고리즘이 있으며, 결정이 되면 곧바로 데이터를 버퍼링하고, 페이징영역 내에서 단말을 찾게 된다. 이 방법은 페이징 처리에 대한 로드를 분산시켜 신뢰성을 높였지만, 도메인 내에 있는 모든 라우터들이 페이징처리 기능을 가져야 되므로, 구현하기에는 어려운 단점이 있다.

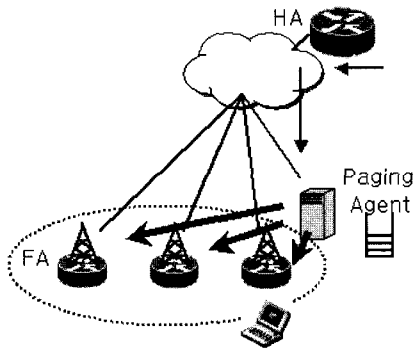


그림 7. PA 페이징의 페이징 절차

그림 7과 같이 PA(Paging Agent)라는 새로운 엔티티를 두어서 페이징에 대한 처리를 하는 방식인 PA 페이징[19]은 현재로서는 새로운 엔티티의 추가라는 부담이 있지만, 향후 IPv6로 바뀐다면 FA가 없어지기 때문에 유용한 방안이 될 수 있다. 또한, FA 페이징과 PA 페이징을 섞어 단말의 속도 등을 고려해 페이징영역이 설정되는 좀더 복잡한 이론적

인 방안도 제안되었다[20].

### III. 거리기반 위치등록 방법을 이용한 IP 페이징 구조

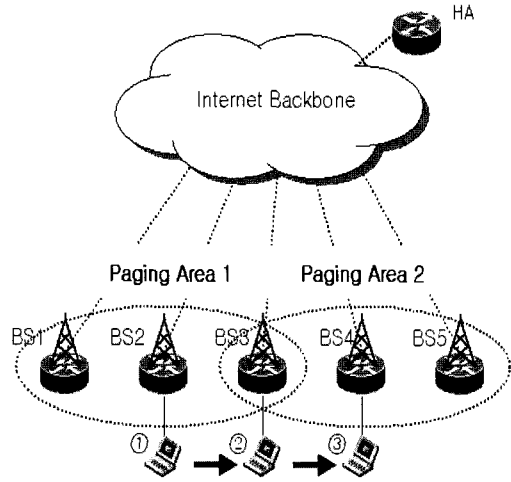


그림 8. 망 구조와 페이징 영역 설정 예

지금까지 제안된 SeaMoby WG의 IP 페이징의 내용들은 모두 IP 페이징을 제공하기 위한 망 구조와 페이징 처리를 위한 엔티티를 정하는 페이징 프로토콜에 대한 내용이었다. 현재 시점에서는 이러한 부분이 상당히 중요하겠지만, 이전의 2계층에서의 페이징에서도 항상 중요한 논점은 위치등록과 페이징에 대한 전체 비용을 낮추는 것이었다. 본 논문에서는 2계층에서의 위치등록 방법 중 거리기반 위치등록 방법을 3계층인 Mobile IP에 쉽게 적용하는 방안을 제시한다. 거리기반 위치등록 방법은 2계층의 여러 위치등록 방법 중에서도 성능이 뛰어난 것으로 알려져 있으나[21][22][23], 실제 구현을 위해서는 단말이 셀들의 토폴로지 정보를 알고 있어야 함으로 어려움이 있었다. 본 논문은 3계층의 이동성 프로토콜인 Mobile IP에 거리기반 위치등록 방법을 쉽게 적용시킬 수 있는 방안을 제시하며, 이렇게 함으로써 거리 기반의 페이징영역이 동적으로 설정되어 페이징을 지원할 수 있다.

#### 1. 망 구조

본 논문이 제시하는 방안을 적용하기 위해 앞에서 제안된 페이징 프로토콜 방법 중에 FA 페이징의 망을 기본구조로서 선택하여 설명하고자 한다. 그 이유는 현재 기본적인 Mobile IPv4망과 가장 유

사하고 추가, 확장되는 사항이 가장 적으면서도 성능이 좋기 때문이다.

전체적인 구조는 그림 8과 같다. BS는 FA의 역할을 겸하고 있는 망의 최하위 말단에 있는 라우터이며, 도먼트 모드의 단말로 향하는 데이터가 도착할 때 데이터를 버퍼링하고 페이징을 시작하는 주체이기도 하다. 이러한 구조는 FA(BS)를 제외한 단말과 HA 등의 다른 엔티티들은 페이징 기능을 위한 확장이 필요하지 않고, 기본적인 Mobile IP 기능만을 수행하게 된다. 즉, 도먼트 모드의 단말로 향하는 데이터가 HA에 도착하게 되면 기본적인 Mobile IP로 터널링 하여 이전 등록된 FA로 데이터를 보내주게 된다. 여기까지는 기본적인 Mobile IP 동작과 같다. 이전에 등록된 FA에 데이터가 도착하면, 이 FA는 바로 데이터를 버퍼링하고, 페이징영역에서 단말을 찾게 된다. 이와 같은 방법은 FA 페이징에서 단말을 찾는 기본 절차이다.

표 2. 페이징영역 리스트 테이블

BS	IP Address
BS1	xxx.xxx.xxx.xxx
BS2	xxx.xxx.xxx.xxx
BS3	xxx.xxx.xxx.xxx

## 2. 페이징 시나리오

그림 8의 ①과 같이 단말이 BS2에서 새로운 Mobile IP 등록이 이루어지게 되면, Registration Reply 메시지에 페이징영역에 대한 정보를 추가하여 단말로 보내주게 된다. 그림 8의 경우는 페이징영역을 hop=1로 준 경우인데, BS2에서 단말로 가는 Registration Reply 메시지에 BS2에서 홉(hop) 수가 1 내에 있는 FA의 리스트인 {BS1, BS2, BS3}가 추가되어 보내져서 페이징영역 1과 같이 영역이 설정된다. 하나의 페이징영역에 속하는 FA들의 리스트는 표 2와 같은 IP 주소의 정보를 갖게 되고, Registration Reply 메시지에 추가되는 페이징영역에 속하는 FA 리스트의 메시지 형식은 그림 9와 같다.

Type	Length	Reserved
	IP Address of BS1	
	IP Address of BS2	
	IP Address of BS3	
	...	

그림 9. Registration Reply 메시지에 추가되는 페이징영역 리스트 포맷

홉 수에 대한 정보는 RIP[24]와 같은 라우팅 프로토콜을 이용해 BS마다 항상 유지하고 있으며, 홉의 값은 도메인 관리자가 고정된 값으로 정할 수도 있고, 사용자 단말의 이동 패턴에 따라 정해질 수도 있다. hop의 값이 크면 페이징영역이 커지고, hop의 값이 작으면 페이징영역이 작아지게 되는데, 차후 사용자의 이동패턴에 따라 페이징영역의 크기를 정할 수도 있다.

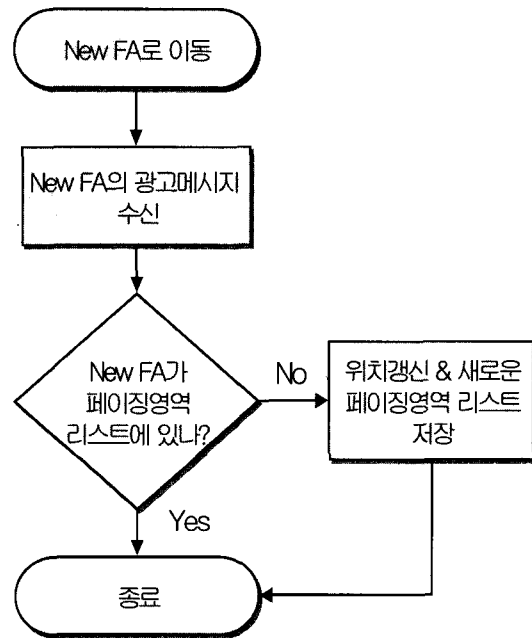


그림 10. 단말에서의 위치등록 알고리즘 순서도

이러한 페이징영역에 대한 정보를 받을 때의 단말의 상태는 액티브 모드이므로, 파워를 절약해야 되는 도먼트 모드에서의 추가적인 무선링크 낭비는 일어나지 않는다. 그리고, 그림 8의 ②와 같이 같은 도먼트 모드에서 페이징영역 내에서의 이동시에는 BS3의 광고메시지를 받고, 단말이 가지고 있는 페이징영역 리스트에 있는 BS이므로 무시하게 된다. 그리고, ③과 같이 이동시에는 단말은 BS4에서의 광고메시지를 받게 되고, 자신의 페이징영역 리스트에 없는 BS이므로 새로운 위치등록을 요청하게 되고, 이때 Registration Reply 메시지에 {BS3, BS4, BS5}와 같은 리스트가 추가되어 보내져서 페이징영역 2와 같은 영역이 설정된다. 이와 같이 단말에서의 위치등록 알고리즘은 그림 10과 같이 이루어진다.

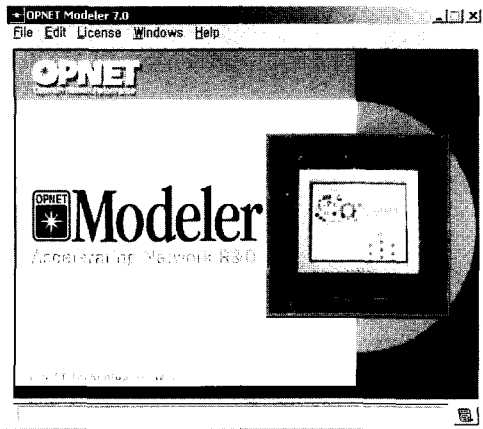


그림 11. OPNET Modeler의 초기화면

### 3. 특성

본 논문이 제안하는 거리기반 위치등록 방법을 기본적인 Mobile IP와 FA 페이징구조 망에 적용하기 위해서는 BS(FA)와 단말에서의 약간의 수정이 필요하다. FA에서는 Registration Reply 메시지에 페이징영역 리스트를 추가하여 단말에게 보내주는 기능이 필요하며, 단말에서는 FA의 Agent Advertisement 메시지를 받고 단말이 유지하고 있는 페이징영역 리스트와 비교하는 기능이 필요하다. 즉, 추가적인 메시지는 필요 없지만, Mobile IP의 Registration Reply 메시지의 확장이 필요하다.

이렇게 거리기반 위치등록 방법을 사용함으로써 페이징영역이 고정되지 않고, 홑 수를 기반으로 동적으로 생성되게 되는데, 이렇게 됨으로서 얻는 잇점은 2계층에서 거리기반 위치등록 방법을 사용하였을 경우와 같다. 첫 번째로 두 개의 페이징영역간의 경계에서의 잦은 이동시에 위치등록 횟수가 줄어든다는 것이다. 관리자에 의해 미리 정의된 고정된 페이징영역을 사용할 경우, 페이징영역의 경계를 단말이 계속 이동할 경우에는 단말이 도먼트 모드임에도 불구하고, 페이징의 효과를 전혀 보지 못하게 된다. 두 번째 잇점은 위치등록과 페이징의 기능을 분산시킬 수 있다는 것이다. 고정된 페이징영역에서 주로 위치 등록이 이루어지고, 데이터를 버퍼링하고, 페이징관련 기능을 수행하는 곳은 페이징영역의 경계 FA들이다. 한 페이징영역에서 경계에 있는 FA만이 주로 페이징 관련 기능을 수행하게 되는 것이다. 이에 반해 본 논문이 제시하는 거리기반 위치등록 방법을 이용해 동적으로 생성되는 페이징영역은 모든 FA가 페이징 관련 기능을 수행하여,

망 전체로 볼 때 데이터를 버퍼링하고 페이징 관련 기능을 수행하는 FA를 분산시킬 수 있는 효과를 얻을 수 있다. 그리고, 세 번째 잇점은 망 구조가 바뀔 때마다 망 관리자에 의해 수동으로 페이징영역을 설정해주는 번거로움 없이 단말이 등록 시 동적으로 페이징영역이 설정되므로 확장성이 좋다고 할 수 있다.

## IV. 구현 및 검증

IP의 이동성을 제공하기 위해 Mobile IP가 등장하였지만, Mobile IP의 문제점 때문에 경로 최적화, 지역적 등록 등과 같은 새로운 방안들이 계속적으로 제안되고 있다. 본 논문에서는 표준화된 기본적인 Mobile IPv4와 페이징을 지원하기 위해 거리기반 위치등록 방법을 적용한 모델을 OPNET에서 구현하였다.

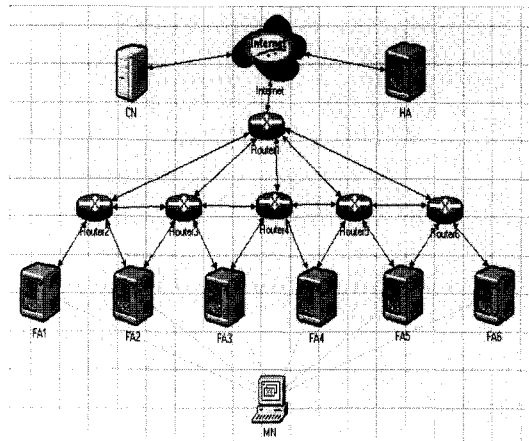


그림 12. OPNET을 이용하여 구현된 네트워크 모델

### 1. 구현환경

IP 페이징의 지원을 위해 거리기반 위치등록 방법을 이용한 Mobile IP 모델의 구현 및 검증은 Windows 2000의 PC에서 이루어졌으며, 개발 도구로는 그림 11과 같이 OPNET Modeler 7.0.B(build 1113)를 이용하였다. OPNET[4]은 MIT와 미 국방성에 의해 개발되고 MIL3사에 의해 제품화된 네트워크 시뮬레이션 도구로 유무선 통신망 및 위성통신망 전반에 걸쳐서 통신과 관련한 망 구조, 트래픽, 망관리, 시스템 통합, 알고리즘 개발, 프로토콜 개발 등의 연구업무와 통신망 컨설팅 업무 등의 다양한 분야에서 사용되고 있는 세계적으로 검증된 도구이다.

### 2. 모델구현

그림 12는 IP 페이징을 지원하기 위해 구현된 거리기반 위치등록 방법을 적용한 Mobile IP 모델이다. 기본적인 네트워크 구성요소는 MN(Mobile Node), HA, FA, CN(Corresponded Node)이다. MN은 외부 네트워크로 이동하여 접속한 것을 전제로 하여 FA와 연결되어 있다. 그리고 FA는 망의 최하위 말단에 있는 라우터의 역할을 겸하고 있으며, HA는 MN의 이동성을 관리하고 MN으로 전송되는 패킷을 가로채어 FA로 터널링 한다. 그리고 MN와 직접적으로 데이터 패킷을 주고받는 CN은 인터넷을 통해 서로 연결되어 있다.

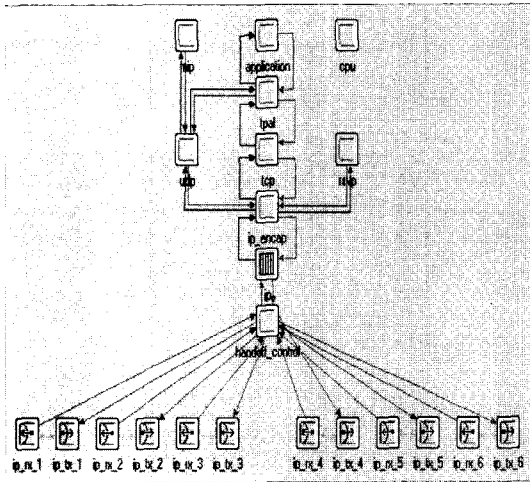


그림 13. MN의 노드 모델

### 3. MN 모델 구현

그림 13은 구현된 MN의 노드모델을 보여주고 있다. MN은 OPNET에서 제공하는 Workstation 모델을 기반으로 Mobile IP 시그널링을 처리하기 위하여 mip를 추가하고, 이동성을 지원하기 위해 handoff\_control을 추가하였다. 그리고 기존의 icmp, ip를 수정하여 구현하였다.

구현된 MN의 세부 내역은 다음과 같다.

- 처음 외부 네트워크에 접속 시 Agent Solicitation 메시지 전송
- Registration Reply 메시지 수신시 페이징영역 리스트 획득
- Registration Request 메시지 전송
- Agent Advertisement 메시지 수신 시 페이징영역 리스트와 비교하여 재등록 과정 수행 결정
- 주기적으로 랜덤 혹은 순차적인 핸드오프 발생

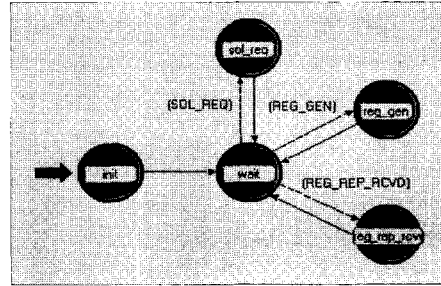


그림 14. MN의 mip 프로세스 모델

#### 1) mip 프로세스 모델

mip는 Mobile IP 등록에 관련한 시그널링을 처리하기 위하여 추가된 모듈이다. 그림 14는 mip 프로세스 모델을 보여준다. 이 모듈의 주요기능은 MN이 외부 네트워크에 새롭게 접속하였을 경우 Agent Solicitation 메시지를 발생시키도록 요구하며, Registration Request 메시지를 전송하거나 Registration Reply 메시지를 수신 받았을 때 행동을 정의하고 있다. init 상태에서는 사용될 각종 변수를 초기화하고, wait 상태로 천이하여 다음 상태로 천이하기 위한 인터럽트 발생을 기다리며 대기한다. sol\_req 상태는 Agent Solicitation 메시지 전송을 요구하기 위해 ip로 원격 인터럽트를 발생시킨다. reg\_gen 상태는 Registration Request 메시지를 전송하기 위한 상태로 Agent Advertisement 메시지를 수신한 icmp 프로세스로부터 원격 인터럽트를 받았을 경우 천이하는 상태이다. 마지막으로 reg\_rep\_rcvd 상태는 Registration Reply 메시지를 수신하였을 경우 천이하는 상태로 침부된 페이징영역 리스트를 저장한 후 Mobile IP 등록이 완료되었음을 application에 알리기 위하여 원격 인터럽트를 발생시킨다.

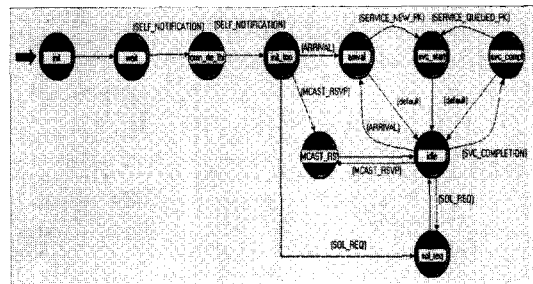


그림 15. MN의 ip 프로세스 모델

#### 2) ip 프로세스 모델

Mobile IP 시그널링을 처리하기 위하여 기존의 ip 프로세스 모델에 수정을 하였는데, 수정된 ip 프



로세스 모델은 그림 15와 같다. Agent Solicitation Request 메시지를 처리하기 위하여 기존의 ip 프로세스 모델에 sol\_req 상태를 추가하였다. 이 상태는 mip에서 Agent Solicitation 메시지 전송을 요구하기 위해 원격 인터럽트를 발생시켰을 경우 천이하게 된다. sol\_req 상태는 mip의 요구를 자식 프로세스인 icmp 프로세스에게로 전달시켜주는 역할을 하는데 이는 icmp 프로세스를 호출함으로 이루어진다.

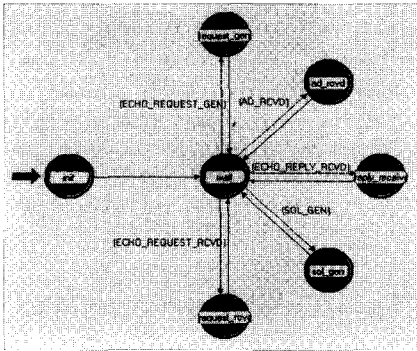


그림 16. MN의 icmp 프로세스 모델

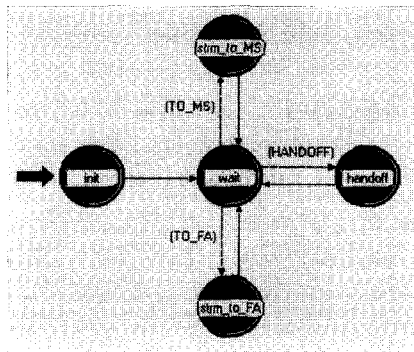


그림 17. MN의 handoff\_control 프로세스 모델

### 3) icmp 프로세스 모델

그림 16은 Agent Solicitation/Advertisement 메시지 처리를 위해 수정된 icmp 프로세스 모델을 보여주고 있다. 기존의 icmp 프로세스에 sol\_gen 상태와 ad\_rcvd 상태가 추가되었다. ip 프로세스에서 추가된 sol\_req 상태에서 icmp 프로세스를 호출함으로써 sol\_gen 상태로 천이되며, Agent Solicitation 메시지를 생성하여 전송하는 역할을 한다. Agent Advertisement 메시지는 Agent Solicitation 메시지의 응답으로 전송되어 오거나 주기적으로 전송되어 오는데 이 메시지를 받았을 경우 ad\_rcvd 상태로 천이하게 된다. 이 상태는 수신된 Agent Advertisement 메시지에서 등록에 필요한 정보를 추출해내

고 이를 mip로 전해주는 역할을 한다. 만일 수신한 Agent Advertisement 메시지의 COA가 이전에 수신한 페이징영역 리스트에 있는 주소와 동일한 경우에는 그냥 메시지를 폐기시키지만 다른 경우에는 수신한 메시지에서 FA COA 등의 정보를 mip로 알려주어 등록 갱신이 일어날 수 있도록 한다.

### 4) handoff\_control 프로세스 모델

그림 17은 핸드오프를 처리하기 위해 구현된 handoff\_control 프로세스 모델을 보여주고 있다. strm\_to\_MS는 MN로 가는 패킷을, strm\_to\_FA는 FA로 전송되는 패킷을 처리한다. 그리고, handoff는 실제로 링크를 on/off하여서 핸드오프를 발생시키는 부분으로 6개의 링크를 순차 또는 랜덤으로 on/off하여서 핸드오프를 발생시킨다.

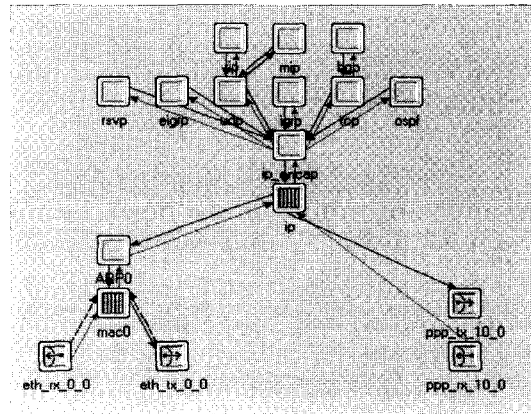


그림 18. FA 노드모델

### 4. FA 모델 구현

그림 18은 구현된 FA 노드 모델을 보여주고 있다. FA는 OPNET에서 제공하는 Device Creator를 이용하여 만든 라우터 모델을 기반으로 하였으며, Mobile IP 동작을 위하여 mip를 추가하고 기존의 ip\_encap와 icmp를 수정함으로써 구현되었다. 구현된 FA의 세부 내용은 다음과 같다.

- Agent Advertisement 메시지를 주기적으로 MN에게 전송
- MN이 전송하는 Agent Solicitation 메시지를 수신하였을 경우 Agent Advertisement 메시지 전송
- MN에서 전송된 Registration Request 메시지를 HA로 중계
- HA에서 전송된 Registration Reply 메시지에 페이징영역 리스트를 추가하여 MN으로 중계

- Registration Reply 메시지를 수신한 경우 방문자 리스트에 MN의 정보를 추가하거나 갱신
- IP-in-IP 캡슐화 되어 HA에서 터널링 되어온 패킷을 역캡슐화하여 MN으로 전송

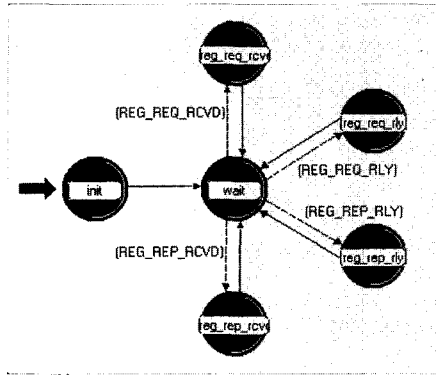


그림 19. FA의 mip 프로세스모델

1) mip 프로세스 모델

그림 19는 Mobile IP 등록 기능을 처리하기 위하여 새로 추가된 mip 프로세스 모델을 보여준다. init 상태에서는 사용될 각종 변수를 초기화하고, wait 상태로 천이 하여 다음 상태로 천이하기 위한 패킷 전송을 기다리게 된다. wait 상태에서 천이할 수 있는 상태는 모두 4가지 인데 모두 Mobile IP 등록에 관련된 기능을 수행한다. reg\_req\_rcvd 와 reg\_req\_rly는 Registration Request 메시지를 처리하기 위한 상태이며, reg\_rep\_rcvd 와 reg\_rep\_rly는 Registration Reply 메시지를 처리하기 위한 상태이다. Registration Request 메시지를 수신하였을 경우 먼저 reg\_req\_rcvd 상태로 천이하여 방문자 리스트에 MN을 등록하는 기능을 수행하고 Registration Request 메시지를 HA로 중계하기 위한 자체 인터럽트를 발생시킨다. 만일 이미 등록된 MN일 경우 리스트의 정보를 갱신하게 된다. 발생된 자체 인터럽트에 의해 reg\_req\_rly 상태로 천이하며 이 상태에서 Registration Request 메시지를 HA로 전달하게 된다. Registration Reply 메시지를 수신하였을 경우에는 먼저 reg\_rep\_rcvd 상태로 천이하며 RIP에 의한 라우팅 테이블에 근거하여 페이징영역 리스트를 만들게 된다. Registration Reply 메시지에 페이징영역 리스트 정보를 추가하고 이 메시지를 MN으로 중계하기 위한 자체 인터럽트를 발생시킨다. 발생한 자체 인터럽트로 인해 reg\_rep\_rly 상태로 천이하여 MN으로 Registration Reply 메시지를 전달하게 된다. 등록 요청을 처리하기 위한 2개의 상태

나 등록 응답을 처리하기 위한 2개의 상태는 각각 하나의 상태로 처리할 수 있으나 인증이나 보안을 위한 확장을 위하여 각각 2개의 상태로 분리하여 구현하였다.

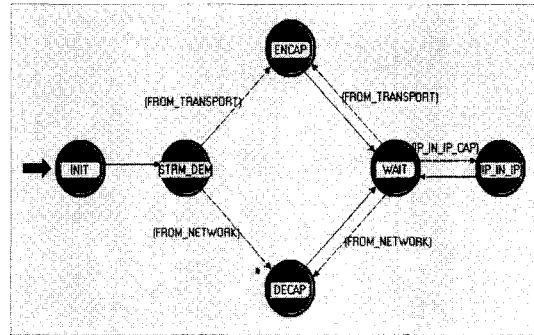


그림 20. FA의 ip\_encap 프로세스 모델

2) ip\_encap 프로세스 모델

그림 20은 HA로부터 터널링 되어온 패킷을 역캡슐화하여 MN으로 전달하는 역할을 수행하기 위해 수정된 ip\_encap 프로세스 모델을 보여준다. FA의 ip\_encap 프로세스는 HA로부터 터널링 되어오는 데이터 패킷을 처리하기 위하여 기존의 OPNET에서 제공하는 ip\_encap 프로세스 모델에 IP-in-IP 역캡슐화 기능을 담당하는 IP\_IN\_IP 상태를 추가하여 구현하였다. IP\_IN\_IP 상태는 하부 ip에서 전달되는 패킷의 IP 헤드 필드의 protocol이 IP-in-IP인 경우 천이하는 상태로 IP-in-IP 캡슐화된 패킷을 역캡슐화하여 ip로 전송하는 기능을 수행한다.

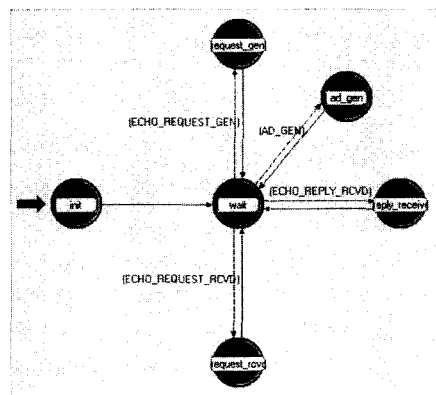


그림 21. FA의 icmp 프로세스 모델

3) icmp 프로세스 모델

그림 21은 Agent Advertisement 메시지를 처리하기 위하여 수정된 icmp 프로세스 모델을 보여주고 있다. FA의 icmp 프로세스는 MN의 icmp 프로세스

스와 마찬가지로 Mobile IP 시그널링인 Agent Solicitation 메시지와 Agent Advertisement 메시지를 처리 할 수 있도록 기존의 OPNET에서 제공하는 icmp 프로세스 모델을 확장하였다. 이 상태에서는 MN에서 전송된 Agent Solicitation 메시지를 수신 받았을 경우나 주기적인 자체 인터럽트를 발생시켜 Agent Advertisement 메시지를 생성하여 MN으로 전송한다.

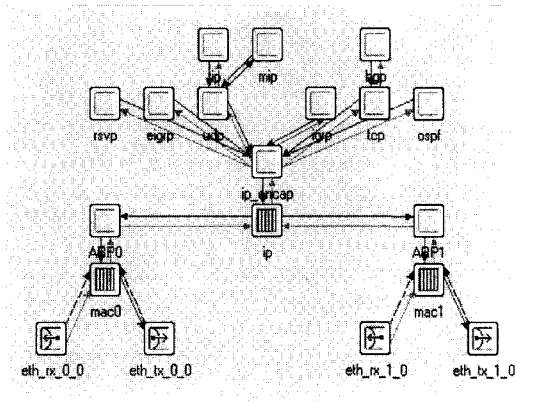


그림 22. HA의 노드 모델

5. HA 모델 구현

그림 22는 구현된 HA 노드 모델을 보여주고 있다. HA 역시 FA와 마찬가지로 OPNET에서 제공하는 Device Creator를 이용하여 만든 라우터 모델을 기반으로 하였으며, Mobile IP 동작을 위하여 mip를 추가하고 기존의 ip\_encap를 수정하여 HA의 기능을 수행 할 수 있도록 구현하였다. 구현된 HA의 세부 내용은 다음과 같다.

- Registration Request 메시지 수신 시 MN과 COA에 대한 이동성 바인딩 정보 추가 및 갱신
- Registration Request 메시지의 응답으로 Registration Reply 메시지 전송
- CN에서 보내는 데이터 패킷을 IP-in-IP 캡슐화하여 FA로 터널링

1) mip 프로세스 모델

그림 23은 Mobile IP 등록 기능을 처리하기 위하여 새로 추가된 mip 프로세스 모델을 보여주고 있다. init 상태에서는 사용될 각종 변수를 초기화하고, wait 상태로 천이하여 대기하게 된다. reg\_req\_rcvd 상태는 Registration Request 메시지를 수신하였을 경우 천이하게 되는데, 우선 메시지를 전송한 MN에 대한 이동성 바인딩 리스트가 이전에

등록을 하지 않은 새로운 MN일 경우에는 이동성 바인딩을 생성하여 이를 리스트에 추가하여 등록하고, 이전에 등록을 한 MN일 경우 등록 리스트의 정보를 갱신하는 기능을 한다. 이동성 바인딩 리스트에 등록하는 과정이 완료되면 Registration Reply 메시지를 생성하기 위해 reg\_rep\_gen 상태로 천이하여야 하는데 이는 reg\_req\_rcvd 상태에서 발생시킨 자체 인터럽트로 가능하다.

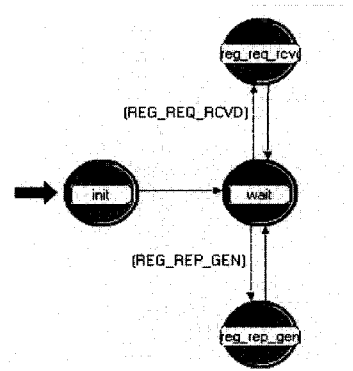


그림 23. HA의 mip 프로세스 모델

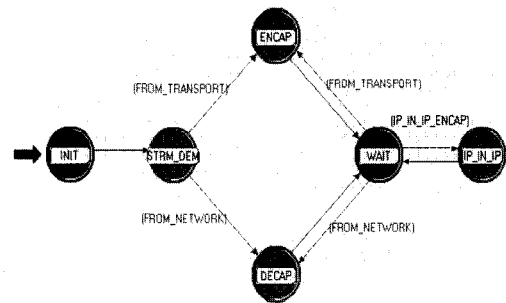


그림 24. HA의 ip\_encap 프로세스 모델

2) ip\_encap 프로세스 모델

그림 24는 CN으로부터 전송되어오는 데이터 패킷을 캡슐화하여 FA로 전달하는 기능을 수행하기 위해 수정된 ip\_encap 프로세스 모델을 보여준다. HA의 ip\_encap 프로세스는 CN으로부터 전송되어 오는 데이터 패킷을 FA로 터널링하기 위하여 기존의 OPNET에서 제공하는 ip\_encap 프로세스 모델에 터널링을 위한 IP-in-IP 캡슐화 기능을 수행하는 IP\_IN\_IP 상태를 추가하여 구현하였다. IP\_IN\_IP 상태는 하부 ip에서 전달되는 패킷의 목적지 주소가 이동성 바인딩 리스트에 등록된 MN의 홈 주소일 경우 천이하는 상태로 데이터 패킷을 IP-in-IP 캡슐화하여 ip로 전송하는 기능을 수행한다.

```

C:\WPROGRA-1\WOPNET\7.0\Wsys\Wpc_intel_win32\Wbr\Wopnet...
[MN] receive agent advertisement message from new FA
time : 103.025578
[MN] Mobile IP Registration Request message generation
time : 103.026578
[FA] receive registration request message
time : 103.051198
[FA] relay home registration request message to HA
time : 103.052198
[HA] receive registration request message
and register HA MIP registration table
time : 103.333503
[HA] registration reply message generate
time : 103.334503
[FA] receive registration reply message
time : 103.615809
[FA] relay registration reply message to MN
time : 103.616809
[MN] MIP registration reply message received
time : 103.641429
-----Handoff occur current index is 2----- time : 125.015609
[MN] receive agent advertisement message from new FA
time : 127.020736
[MN] receive agent advertisement message from new FA
time : 130.020736
[MN] receive agent advertisement message from new FA
time : 133.020736
-----Handoff occur current index is 3----- time : 135.015609
[MN] receive agent advertisement message from new FA
time : 136.016520
[MN] Mobile IP Registration Request message generation
time : 136.017520
[FA] receive registration request message
time : 136.033002
[FA] relay home registration request message to HA
time : 136.034002
[HA] receive registration request message
and update HA MIP registration table
time : 136.204114
[HA] registration reply message generate
time : 136.205114
[FA] receive registration reply message
time : 136.535146
[FA] relay registration reply message to MN
time : 136.536146
[MN] MIP registration reply message received
time : 139.016520
-----Handoff occur current index is 4----- time : 145.015609
[MN] receive agent advertisement message from new FA
time : 145.016565
[MN] receive agent advertisement message from new FA
time : 148.016565
    
```

그림 25. 시뮬레이션 시 발생하는 시그널링 메시지 모습

### 6. 구현 모델의 검증

본 절에서는 IP 페이징의 지원을 위해 구현된 거리기반 위치등록 방법을 이용한 Mobile IP 프로토콜을 검증하기 위해 시그널링 절차 및 데이터 패킷이 전송되는 과정을 살펴보기로 한다.

그림 25는 구현된 모델의 시그널링 절차를 검증하기 위하여 시뮬레이션 시 발생하는 화면이고, 표 3은 이것을 바탕으로 전송 및 수신되는 메시지들을 순차적으로 나타낸 것으로, 왼쪽의 번호는 메시지의 순서를 나타내며 가운데는 전송메시지를 직접 화면에 출력하여 나타낸 메시지이며 오른쪽은 시그널링 방향을 나타낸다. 표 3의 (1)~(9)의 메시지들은 그림 12에서 MN이 FA1에 등록하는 과정을 보여주었고, 등록이 완료될 때 페이징영역이 설정된다. 여기서 거리 값인 hop을 1로 주어서 검증하였다. 표 3의 (10)~(12)에서 MN은 FA2로 이동하였지만, 같은 페이징영역이므로 FA2의 Agent Advertisement 메시지를 수신하여도 새로 등록하지 않는 것을 알 수 있다. 그리고 (13)~(21)의 메시지들은 MN이 페이징영역을 벗어나 FA3로 이동시에 새롭게 등록이 이루어지고, 새로운 페이징영역이 설정되는 것을 알 수 있다. 표 3의 (22)~(62)의 메시지들은 이러한 방법으로 MN이 FA6까지 이동하였

다가 다시 FA1으로 이동시에 거리기반 위치등록 방법을 이용하여 등록이 이루어지고 페이징영역이 설정되는 것을 보여준다.

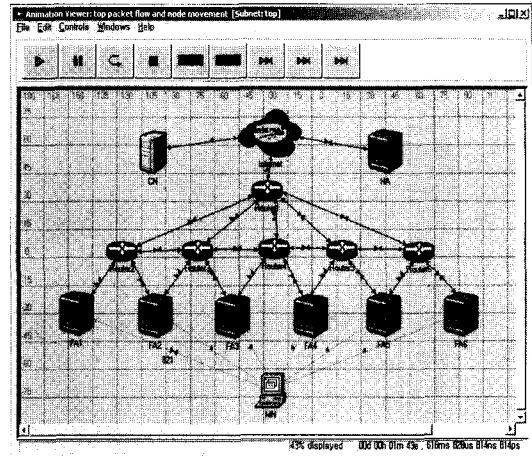


그림 26. OPNET의 애니메이션 뷰를 통한 패킷 전송 과정

그림 26은 전송과정을 검증하기 위해 OPNET에서 제공하는 애니메이션 뷰를 이용해 나타낸 것이다. 애니메이션 뷰는 네트워크 모델 전체나 이를 구성하고 있는 노드모델 내에서의 순차적인 패킷 전송과정이나 프로세서 모델에서의 순차적인 상태 천이과정을 시각적으로 보여주는 도구이다.

MN이 액티브 모드인 경우 Mobile IP의 기본적인 시그널링 절차와 삼각 라우팅으로 전달되는 데이터 패킷을 볼 수 있으며, 도먼트 모드인 경우는 이동시에 페이징을 지원하기 위해 거리기반 위치등록 방법을 사용하는 Mobile IP의 광고메시지와 등록메시지도 확인할 수 있다.

이와 같이 전송 및 수신되는 순차적인 시그널링 절차와 애니메이션에 나타난 광고메시지와 등록메시지의 전송과정과 전송경로를 통하여 구현한 거리기반 위치등록 방법을 이용한 Mobile IP 프로토콜이 정상적으로 동작하는 것을 확인할 수 있다.

## V. 결론

차세대 유무선 통신망은 IP 기반으로 통합 발전하고, 무선통신망을 통한 인터넷 접속이 곧 유선통신망을 통한 인터넷 접속을 앞지를 것이라고 전망되고 있다. 이러한 차세대 통신망 환경에서 단말의 전력소모를 줄이고 망에서 위치관리를 위한 시그널링 부하를 감소시키는 페이징 기술은 차세대 IP망의 상용화에는 없어서는 안될 핵심적인 기술이다.

표 3. 거리기반 위치등록 방법을 이용한 Mobile IP의 시그널링 메시지

(1)	[MN] receive agent advertisement message from new FA, time : 103.025578	MN.icmp→MN.mip
(2)	[MN] Mobile IP Registration Request message generation, time : 103.026578	MN.mip→FA.mip
(3)	[FA] receive registration request message, time : 103.051198	FA.mip→FA.mip
(4)	[FA] relay home registration request message to HA, time : 103.052198	FA.mip→HA.mip
(5)	[HA] receive registration request message and register HA MIP registration table, time : 103.333503	HA.mip→HA.mip
(6)	[HA] registration reply message generate, time : 103.334503	HA.mip→FA.mip
(7)	[FA] receive registration reply message, time : 103.615809	FA.mip→FA.mip
(8)	[FA] relay registration reply message to MN, time : 103.616809	FA.mip→MN.mip
(9)	[MN] MIP registration reply message received, time : 103.641429 ==Handoff occur current index is 2== time : 125.015609	MN.mip→MN.application
(10)	[MN] receive agent advertisement message from new FA, time : 127.020736	MN.icmp→MN.mip
(11)	[MN] receive agent advertisement message from new FA, time : 130.020736	MN.icmp→MN.mip
(12)	[MN] receive agent advertisement message from new FA, time : 133.020736 ===Handoff occur current index is 3=== time : 135.015609	MN.icmp→MN.mip
(13)	[MN] receive agent advertisement message from new FA, time : 136.016520	MN.icmp→MN.mip
(14)	[MN] Mobile IP Registration Request message generation, time : 136.017520	MN.mip→FA.mip
(15)	[FA] receive registration request message, time : 136.033082	FA.mip→FA.mip
(16)	[FA] relay home registration request message to HA, time : 136.034082	FA.mip→HA.mip
(17)	[HA] receive registration request message and update HA MIP registration table, time : 136.284114	HA.mip→HA.mip
(18)	[HA] registration reply message generate, time : 136.285114	HA.mip→FA.mip
(19)	[FA] receive registration reply message, time : 136.535146	FA.mip→FA.mip
(20)	[FA] relay registration reply message to MN, time : 136.536146	FA.mip→MN.mip
(21)	[MN] MIP registration reply message received, time : 139.016520 ==Handoff occur current index is 4== time : 145.015609	MN.mip→MN.application
(22)	[MN] receive agent advertisement message from new FA, time : 145.016565	MN.icmp→MN.mip
(23)	[MN] receive agent advertisement message from new FA, time : 148.016565	MN.icmp→MN.mip
(24)	[MN] receive agent advertisement message from new FA, time : 151.016565	MN.icmp→MN.mip
(25)	[MN] receive agent advertisement message from new FA, time : 154.016565 ===Handoff occur current index is 5=== time : 155.015609	MN.icmp→MN.mip
(26)	[MN] receive agent advertisement message from new FA, time : 157.020657	MN.icmp→MN.mip
(27)	[MN] Mobile IP Registration Request message generation, time : 157.021657	MN.mip→FA.mip
(28)	[FA] receive registration request message, time : 157.041356	FA.mip→FA.mip
(29)	[FA] relay home registration request message to HA, time : 157.042356	FA.mip→HA.mip
(30)	[HA] receive registration request message and update HA MIP registration table, time : 157.304264	HA.mip→HA.mip
(31)	[HA] registration reply message generate, time : 157.305264	HA.mip→FA.mip
(32)	[FA] receive registration reply message, time : 157.585228	FA.mip→FA.mip
(33)	[FA] relay registration reply message to MN, time : 157.586228	FA.mip→MN.mip
(34)	[MN] MIP registration reply message received, time : 157.605927 ==Handoff occur current index is 6== time : 165.015609	MN.mip→MN.application
(35)	[MN] receive agent advertisement message from new FA, time : 166.025128	MN.icmp→MN.mip
(36)	[MN] receive agent advertisement message from new FA, time : 169.025128	MN.icmp→MN.mip
(37)	[MN] receive agent advertisement message from new FA, time : 172.025128 ===Handoff occur current index is 5=== time : 175.015609 ===Handoff occur current index is 4=== time : 185.015609	MN.icmp→MN.mip
(38)	[MN] receive agent advertisement message from new FA, time : 187.016565	MN.icmp→MN.mip
(39)	[MN] receive agent advertisement message from new FA, time : 190.016565	MN.icmp→MN.mip
(40)	[MN] receive agent advertisement message from new FA, time : 193.016565 ===Handoff occur current index is 3=== time : 195.015609	MN.icmp→MN.mip
(41)	[MN] receive agent advertisement message from new FA, time : 196.016520	MN.icmp→MN.mip
(42)	[MN] Mobile IP Registration Request message generation, time : 196.017520	MN.mip→FA.mip
(43)	[FA] receive registration request message, time : 196.033082	FA.mip→FA.mip
(44)	[FA] relay home registration request message to HA, time : 196.034082	FA.mip→HA.mip
(45)	[HA] receive registration request message and update HA MIP registration table, time : 196.284114	HA.mip→HA.mip
(46)	[HA] registration reply message generate, time : 196.285114	HA.mip→FA.mip
(47)	[FA] receive registration reply message, time : 196.535146	FA.mip→FA.mip
(48)	[FA] relay registration reply message to MN, time : 196.536146	FA.mip→MN.mip
(49)	[MN] MIP registration reply message received, time : 199.016520 ==Handoff occur current index is 2== time : 205.015609	MN.mip→MN.application
(50)	[MN] receive agent advertisement message from new FA, time : 205.020736	MN.icmp→MN.mip
(51)	[MN] receive agent advertisement message from new FA, time : 208.020736	MN.icmp→MN.mip
(52)	[MN] receive agent advertisement message from new FA, time : 211.020736	MN.icmp→MN.mip
(53)	[MN] receive agent advertisement message from new FA, time : 214.020736 ===Handoff occur current index is 1=== time : 215.015609	MN.icmp→MN.mip
(54)	[MN] receive agent advertisement message from new FA, time : 217.025578	MN.icmp→MN.mip
(55)	[MN] Mobile IP Registration Request message generation, time : 217.026578	MN.mip→FA.mip
(56)	[FA] receive registration request message, time : 217.051198	FA.mip→FA.mip
(57)	[FA] relay home registration request message to HA, time : 217.052198	FA.mip→HA.mip
(58)	[HA] receive registration request message and update HA MIP registration table, time : 217.333503	HA.mip→HA.mip
(59)	[HA] registration reply message generate, time : 217.334503	HA.mip→FA.mip
(60)	[FA] receive registration reply message, time : 217.615809	FA.mip→FA.mip
(61)	[FA] relay registration reply message to MN, time : 217.616809	FA.mip→MN.mip
(62)	[MN] MIP registration reply message received, time : 217.641429	MN.mip→MN.application

또한 현재 하위계층에서 페이징이 정의되어 있지만, 하위계층에 독립적으로 쉽게 상호연동을 하기 위해 선 IP계층의 페이징 기술은 꼭 필요할 것이다.

본 논문은 IETF의 SeaMoby WG에서 연구중인 IP 페이징에 대해 알아보고, IP 페이징을 지원하기 위해 거리기반 위치등록 방법을 이용한 확장된 Mobile IP를 제시하고 구현하였다. 현재의 망 구조나 이동성 프로토콜을 최소한으로 변경, 수정하여서 최대의 호환성과 성능향상을 위해, 본 논문은 FA 페이징 망 구조에 라우팅 프로토콜인 RIP를 이용하여 거리기반의 위치등록으로 동적으로 페이징영역을 설정하는 방안을 제시하였고, 제시된 방안을 OPNET에서 구현하고 검증하였다.

향후 연구로는 거리기반 위치등록 방법에서 사용자의 이동성 패턴을 기반으로 사용자마다 페이징영역의 크기를 다르게 설정하는 방안에 대해 연구하고자 한다.

### 참 고 문 헌

- [1] C. Perkins, "IP Mobility Support," IETF RFC 2002, Oct. 1996.
- [2] IETF SeaMoby Working Group, <http://www.ietf.org/html.charters/seamoby--charter.html>
- [3] Additional SeaMoby Page, <http://www.diameter.org/seamoby.html>
- [4] OPNET Technologies, <http://www.opnet.com>
- [5] IETF Mobile IP Working Group, <http://www.ietf.org/html.charters/mobileip--charter.html>
- [6] Vincent W. -S. Wong, Victor C. M. Leung, "Location Management for Next-Generation Personal Communications Networks," IEEE Network, Vol. 14, No. 5, pp. 18-24, Sep./Oct. 2000.
- [7] J. Kempf, "Dormant Mode Host Alerting ("IP Paging") Problem Statement," IETF RFC 3132, Jun. 2001.
- [8] J. Kempf, C. Castelluccia, P. Mutaf, N. Nakajima, Y. Ohba, R. Ramjee, Y. Saifullah, B. Sarikaya, X. Xu, "Requirements and Functional Architecture for an IP Host Alerting Protocol," IETF RFC 3154, Aug. 2001.
- [9] A. Campbell, J. Gomez, C-Y. Wan, Z. Turanyi, A. Valko, "Cellular IP," IETF Internet Draft, 1999.
- [10] R. Ramjee, T. La Porta, L. Li, "Paging support for IP mobility using HAWAII," IETF Internet Draft, Dec. 1999.
- [11] H. Haverinen, J. Malinen, "Mobile IP Regional Paging," Internet Draft, Jun. 2000.
- [12] Eva Gustafsson, Annika Jonsson, Charles E. Perkins, "Mobile IPv4 Regional Registration," IETF Internet Draft, Sep. 2001.
- [13] Digital cellular telecommunication system, "General Packet Radio Service, Service description - Stage 2," GSM 03.60, Version 6.0, ETSI, 1998.
- [14] IS-657, Packet Data Service Option Standard for Wideband Spread Spectrum Systems, 1996.
- [15] IEEE 802.11 Working Group, Wireless LAN Medium Access Control and Physical Layer specifications, 1999.
- [16] G. Patel, S. Dennett, "The 3GPP and 3GPP2 Movements Toward an All-IP Mobile Network," IEEE Personal Communications Magazine, Vol. 7, No. 4, pp. 62-64, Aug. 2000.
- [17] R. Ramjee, L. Li, T. La Porta, S. Kasera, "IP Paging Service for Mobile Hosts," ACM SIGMOBILE 7/01 Rome, Italy, pp. 332-344, 2001.
- [18] X. Zang, J. Castellanos, A. Campbell, K. Sawada, M. Barry, "P-MIP: Minimal paging extensions for Mobile IP," Internet Draft, Jul. 2000.
- [19] M. Liebsch, G. Renker, "Paging Concept for IP based Networks," Internet Draft, Jun. 2001.
- [20] C. Castelluccia, "Extending Mobile IP with Adaptive Individual Paging: A Performance Analysis," Computers and Communications, Proceedings. ISCC, Fifth IEEE Symposium on, pp. 113-118, 2000.
- [21] A. Bar-Noy, I. Kessler, M. Sidi, "Mobile Users: To Update or Not to Update?," ACM/Balizer J. Wireless Networks, Vol. 1, No. 2, pp. 175-195, Jul. 1995.
- [22] U. Madhow, M. Honig, K. Steiglitz, "Optimization of Wireless Resources for Personal Communications Mobility Tracking," Net-

working, IEEE/ACM Transactions on, Vol. 3, No. 6, pp. 698-707, Dec. 1995.

[23] J. Ho, I. F. Akyildiz, "Mobile User Location Update and Paging under Delay Constraints," ACM/Baltzer J. Wireless Networks, pp. 413-425, Dec. 1995.

[24] IETF RIP Working Group, <http://www.ietf.org/html.charters/rip-charter.htm>

장 인 동(In-Dong Jang)

정회원



2000년 대구대학교 전산통계학 졸업

2002년 경북대학교 컴퓨터공학 석사

2002 ~ 현재 한국전자통신연구원

<주관심분야> IPv6, 차세대인터넷, 망관리, 스트리밍

박 기 식(Ki-Shik Park)

정회원



1983년 서울대학교 졸업

1985년 서울대학교 행정대학원 석사

1995년 충남대학교대학원 박사  
정보통신 기술표준화 분야

1984 ~ 현재 한국전자통신연구원

<주관심분야> IPv6, 정보통신 표준화, 정보통신 기술정책 및 MIS